

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-263452

(43) 公開日 平成6年(1994)9月20日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 3 B	8/02			
	8/04			
	20/00			
G 0 2 B	6/12	N 8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-45470

(22) 出願日 平成5年(1993)3月5日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 千種 佳樹

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 伊藤 真澄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 星野 寿美夫

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

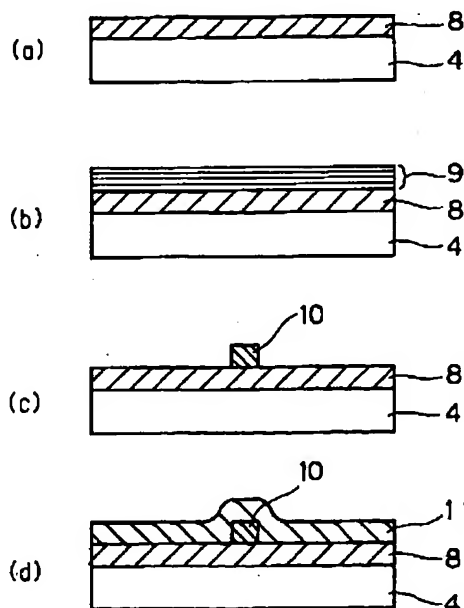
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、高濃度に機能性物質をドーピングできる光導波路の製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 基板4上に、ソルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する第1のクラッド材料を堆積した後、透明ガラス化して下側クラッド部8を形成し、この下側クラッド部8上に、ソルゲル法により、機能性物質として希土類元素をドーピングした薄膜を積層してコア部10を形成し、さらにコア部10が形成された下側クラッド部8上に、ソルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する第2のクラッド材料を堆積させた後、透明ガラス化して上側クラッド部11を形成することを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、第1のクラッド材料を堆積させた後、透明ガラス化して下側クラッド部を形成し、前記下側クラッド部上に、前記ソルゲル法により機能性物質をドーブした薄膜を積層した後、所定形状にパターニングしてコア部を形成し、

前記コア部が形成された下側クラッド部上に、さらに第2のクラッド材料を堆積させた後、透明ガラス化して上側クラッド部を形成する光導波路の製造方法。

【請求項2】 前記コア部は、ソルゲル法により、機能性物質として希土類元素をドーブすることを特徴とする請求項1記載の光導波路の製造方法。

【請求項3】 前記コア部は、ソルゲル法により透明ガラス化する加熱温度よりも高い軟化点を有する石英系ガラス材料であることを特徴とする請求項1又は2記載の光導波路の製造方法。

【請求項4】 前記第1及び第2のクラッド材料は、ソルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する石英系ガラス材料であることを特徴とする請求項1又は2記載の光導波路の製造方法。

【請求項5】 前記第1及び第2のクラッド材料に、予め不純物をドーブし、クラッド部の屈折率をコア部の屈折率よりも低くすることを特徴とする請求項1〜4のいずれか一項記載の光導波路の製造方法。

【請求項6】 前記ソルゲル法により形成されるコア部に、予め不純物をドーブし、該コア部の屈折率をクラッド部の屈折率よりも高くすることを特徴とする請求項1〜4のいずれか一項記載の光導波路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、光スイッチ、光増幅等の機能を持つ光導波路の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、光導波路の中で石英ガラスを主成分とした石英系光導波路は、光伝送損失が低く、また、石英系光ファイバとの低損失な接続が可能であることから、注目を集めてきた。

【0003】 この石英系光導波路の製造方法としては、例えば河内正夫、「石英系光導波路と集積光部品への応用」光学第18巻第12号(1989年12月)P681〜686に示すように、火炎堆積法(FHD: Flame Hydrolysis Deposition)によるガラス膜形成と反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)によるガラス膜形成とを組合せた方法が最も一般的である。

【0004】 具体的には、図3に示すように、まず、バーナ1にSiCl<sub>4</sub>、TiCl<sub>4</sub>等のガラス原料を供給し、酸水素火炎2中で加水分解反応及び酸化反応によりガラス微粒子3を得、これをSiウェハなどの基板4上

に堆積させて、屈折率の異なるガラス微粒子膜5a、5bを順次形成する(同図(a))。ここで、ガラス微粒子膜5a、5bの両者の組成は異なるものとする(屈折率が異なる)。

【0005】そして、上述した工程で順次形成したガラス微粒子膜5a、5bを高温に加熱することにより、ガラス微粒子膜5a、5bを透明ガラス化してパツファ層6a及びコア層6bとする(同図(b))。以上が火炎堆積法である。

10 【0006】次に、反応性エッチングにより、コア層6bの不要な部分を除去してリッジ状のコア部6cを残し(同図(c))、再び火炎堆積法によりコア部6cを覆うようにクラッド層6dを形成することにより、埋め込み型の石英系光導波路7を製造する(同図(d))。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 従来の石英系光導波路の製造方法は以上のように、火炎堆積法によりコア層及びクラッド層を形成する。この火炎堆積法は伝送損失が小さく光合分波、分岐等の受動型光素子の製造には適した方法であるが、光増幅、あるいは光スイッチ等の機能を持った光素子には適していない。

【0008】すなわち、上記機能を持たせるためには、コア部に希土類元素などをドーブする必要があるが、上述した火炎堆積法では2000℃以上の酸水素火炎内でガラス合成を行なうため、これら添加物が結晶化し、ガラスに1wt%程度しかドーブすることができないなどの課題があった。

30 【0009】一方、室温付近でガラス合成を行なうため(添加物の結晶化は起こらない)、添加物を高濃度にしかも均一にドーブすることができる方法としてソルゲル法がある。

【0010】このソルゲル法は、1000℃程度の比較的低温の製造プロセスでガラスが得られるという特徴を有する。また、この方法によれば、加工温度を低くできるので3wt%程度まで不純物をドーブすることができ、しかも均一にドーブできるので、従来の方法よりもはるかに高い濃度の不純物をドーブしたガラスの合成が可能である。

40 【0011】しかしながら、ソルゲル法で作成することができるコーティング膜の膜厚は1μm程度が限界で、それ以上の厚さの膜を作製しようとすると膜の剥離又はクラックなどを生じるため、コア部とするのに必要な数μmの厚さを持った薄膜を作製することができないという課題があった。

【0012】さらに、ソルゲル法によりコーティング膜を形成した後であっても、その後に行われるクラッド部の形成工程において、火炎堆積法(FHD)等で堆積させた後、焼結して透明ガラス化するために高温にさらされるので、コア部内にドーブされた不純物の均一性が失われてしまうという課題があった。

3

【0013】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、高濃度に機能性物質をドーピングできる光導波路の製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明に係る光導波路の製造方法は、基板上に、ゾルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する第1のクラッド材料を堆積させた後、加熱することで透明ガラス化して下側クラッド部を形成し、この下側クラッド部上に、ゾルゲル法により、機能性物質として希土類元素をドーピングした薄膜を積層してコア部を形成し、さらに、このコア部が形成された下側クラッド部上に、ゾルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する第2のクラッド材料を堆積させた後、加熱することで透明ガラス化して上側クラッド部を形成することを特徴としている。

【0015】特に、上記コア部は、ゾルゲル法により透明ガラス化する加熱温度よりも高い軟化点を有する石英系ガラス材料であり、上記第1及び第2のクラッド材料は、ゾルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する石英系ガラス材料であることを特徴としている。

【0016】また、光導波路におけるクラッド部を構成する上記下側及び上側クラッド部は、上記コア部の屈折率と異なる屈折率とする。

【0017】具体的には、クラッド部を構成材料である第1及び第2のクラッド材料にフッ素(F)等をドーピングして、このクラッド部の屈折率をコア部の屈折率よりも下げるか、あるいはコア部の各層にTi、Ge等をドーピングして、このコア部の屈折率をクラッド部の屈折率よりも上げるようにしている。

【0018】

【作用】この発明における光導波路の製造方法は、コア部をゾルゲル法を用いて形成するようにしたので、従来よりも高濃度に希土類元素等の不純物をドーピングすることを可能にする。

【0019】ここで、上記ゾルゲル法で作成することができるコーティング膜の膜厚は1 $\mu$ m程度が限界であるため、このコーティング膜を積層することにより、コア部として機能できる程度の膜厚を与える。

【0020】また、上記コア部を、ゾルゲル法により透明ガラス化する加熱温度よりも高い軟化点を有する石英系ガラス材料で構成するようにしたので、クラッド部を構成する際の加工温度に影響されることがなくなる。

【0021】さらに、上側及び下側クラッド部となる第1及び第2のクラッド材料として、その軟化点がゾルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近である石英ガラス材料を用いるようにしたので、ゾルゲル法により形成されたコア部が高温度にさらされることを防止できる。

4

【0022】なお、コア部を取り囲むクラッド部の屈折率を、コア部の屈折率よりも低くするように構成することにより、光導波路としての機能を保証する。

【0023】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図1及び図2を用いて説明する。なお、図中同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0024】図1は、この発明に係る光導波路の製造方法を説明するための各製造工程を示す図であり、以下この図にしたがって各工程を説明する。

【0025】まず、Si基板4上にクラッド部を構成するための第1のクラッド材料を火炎堆積法(FHD)により堆積させた後、約1100℃で透明ガラス化して下側クラッド部8を形成する(図1(a))。

【0026】ここで、上記第1のクラッド材料は、軟化点が約1100℃付近の石英ガラス材料を用い、予めB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をドーピングして、屈折率を純石英に対して約0.5%程度下げておく。

【0027】続いて、上記下側クラッド部8上にコアに相当する部分を形成するが、この際ゾルゲル法により膜厚が約1 $\mu$ mのコーティング膜を積層してガラス層9を形成した後(図1(b))、RIE法により所定形状(例えばリッジ状)のコア部10を形成する(図1(c))。

【0028】具体的には、テトラエトキシシラン(TEOS)、エタノール、水、及び塩酸からなる混合溶液に塩化エルビウム(ErCl<sub>3</sub>・6H<sub>2</sub>O)を所定量溶解させ攪拌して調製したゾル(加水分解溶液)を、スピニングにより下側クラッド部8上にコーティングし、100℃で10時間乾燥した後1100℃で1時間焼結することで、コア部となるガラス層9を積層していく。

【0029】なお、ガラス層9を構成する各の膜厚は、TEOSに対するエタノールの成分比を変え、ゾルの粘度を変化させることで、0.4~1.2 $\mu$ m程度の範囲で制御できることが、星野、他「ゾルゲル法による石英膜の作成」、1991年電子情報通信学会春季全国大会、C-215に示されている。

【0030】また、以上のようにゾルゲル法によりガラス層9を形成する際、上記調製されたゾルには予め希土類元素としてエルビウム(Er)が約3wt%ドーピングされており、またこのガラス層9を形成するガラス材料(Fをドーピングして屈折率を0.2%下げている)には1400℃以上の軟化点を有するものを用いる。

【0031】これは、クラッド部(下側及び上側クラッド部8、11)を形成する際の加工温度の影響を小さくするためであり(ドーピングされた不純物の均一性を保持するため)、したがって、ゾルゲル法における低い加工温度(約1100℃)で透明ガラス化を行うと、多少ポーラス(porous)な状態になるが、屈折率には影響がない程

5

度でコア部を形成することができる。

【0032】そして、上記のようにガラス層9を積層形成した後、RIE法により所定の形状にエッチングすることでコア部10を形成し(図1(c))、上記ソルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近の軟化点を有する第2のクラッド材料を堆積した後、さらに約1100℃で透明ガラス化して上側クラッド部11を形成することで、コア部10に高濃度に不純物を含む光導波路を製造する。

【0033】なお、上記第2のクラッド材料は、軟化点10が約1100℃付近の石英ガラス材料を用い、予めB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をドーピングして、屈折率を純石英に対して約0.5%程度下げておく。

【0034】次に、上述した製造方法により製造された光導波路を用いて光増幅実験を行った結果について説明する。

【0035】この光増幅実験に用いた光導波路は、図2(a)、(b)に示すものであり、特に図2(b)における部分Aの詳細を図2(c)に示している。

【0036】具体的には、30mm×30mmのSi基板4上に膜厚20μmの第1のクラッド材料を火炎堆積法により堆積させ、さらに約1100℃(ソルゲル法による透明ガラス化の加工温度)で透明ガラス化する。

【0037】ここで、上記第1のクラッド材料は、予めB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をドーピングして、純石英に対して約0.5%程度屈折率を下げた石英ガラス材料であり、軟化点はソルゲル法における加工温度付近のものを用いる。

【0038】続いて、この下側クラッド部8上に上述したソルゲル法により、機能性物質である希土類元素としてErを3wt%ドーピングするとともに、フッ素(F)をドーピングして屈折率を純石英に対して約0.2%下げたゲル層を作成し、約1100℃で焼結しながら膜厚約7μmのガラス層9を積層形成する。

【0039】そして、このガラス層9をRIE法により図2(a)に示すように、全長が100mmであって、その断面形状が図2(c)に示すように、高さ7mm、幅7mmのリッジ状のコア部10を形成した後、上記下側クラッド部8と同様に火炎堆積法により第2のガラス材料を膜厚20μm堆積させて、約1100℃で焼結することで光導波路を製造した。

6

【0040】以上のように製造した光導波路について、以下の条件で増幅実験を行った結果、8dBの利得を得た。

【0041】Signal光:  $\lambda = 1.535 \mu\text{m}$

Pump光:  $\lambda = 0.98 \mu\text{m}$  (出力600mW)

また、この時の伝送特性を評価したところ、

伝送損失: 0.1 (dB/cm,  $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ )

モードフィールド径: 9.5 ( $\mu\text{m}$ )

カットオフ波長: 1.2 ( $\mu\text{m}$ )

と良好な値が得られた。

【0042】なお、上記実施例では下側及び上側クラッド部8、11の構成材料となるクラッド材料を、火炎堆積法により堆積させていたが、特にこの方法に限定するものではなく、スパッタ法等を用いても同様の効果を奏する。

【0043】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、光を伝搬させるコア部をソルゲル法により積層形成するようにしたので、従来よりも高濃度に機能性物質として希土類元素等の不純物をドーピングすることができるという効果がある。

【0044】さらに、上記コア部を取り囲むように構成するクラッド部の材料として、軟化点が上記ソルゲル法により透明ガラス化する加熱温度付近である石英ガラス材料を用いるようにしたので、後の製造工程における加工温度の影響を先に形成されたコア部が受けることがなくなり、均一に不純物のドーピングが可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る光導波路の製造方法を説明するための各製造工程を示す図である。

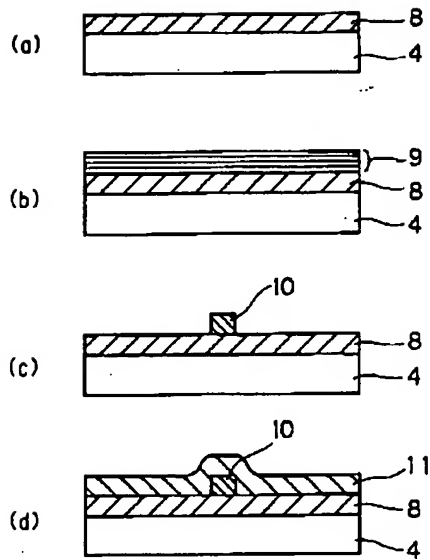
【図2】この発明に係る光導波路の製造方法により製造した光導波路の一構成例を示す図である。

【図3】従来の光導波路の製造方法を説明するための各製造工程を示す図である。

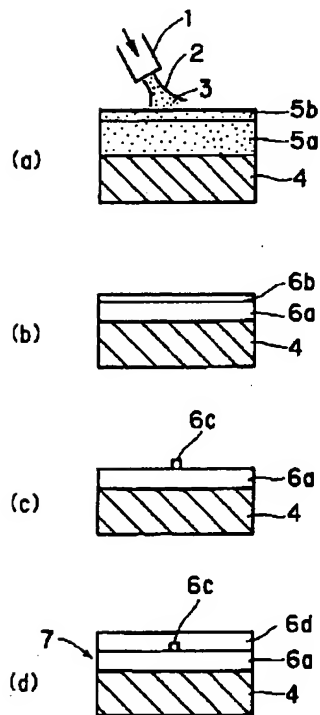
【符号の説明】

4…Si基板、8…下側クラッド部、10…コア部、11…上側クラッド部。

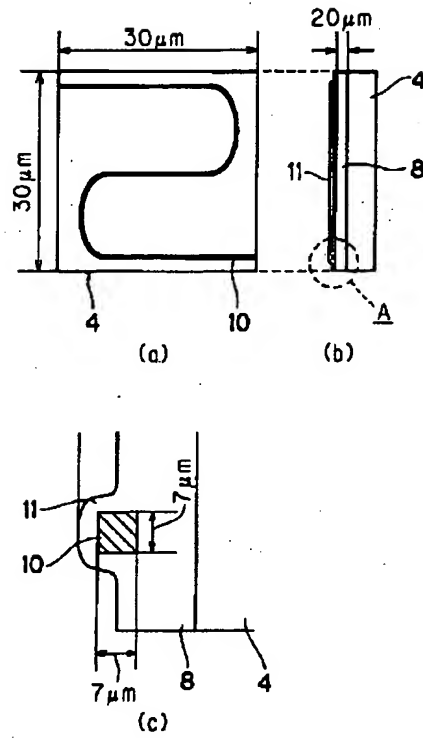
【図1】



【図3】



【図2】



BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**